

BAB VI

PERHITUNGAN SISTEM PIPA

(PIPING SYSTEM)

6.1 PENGENALAN SISTEM PIPA DAN PERLENGKAPANNYA

6.1.1 Umum

Pipa adalah suatu batang silinder berongga yang dapat berfungsi untuk dilalui atau mengalirkan zat cair, uap, gas ataupun zat padat yang dapat dialirkan, yaitu berjenis serbuk/tepung. Instalasi pipa di kapal digunakan untuk mengalirkan fluida dari satu tanki/*compartment* ke tanki lain, atau dari satu tanki ke peralatan permesinan di kapal, atau mengalirkan fluida dari kapal keluar kapal atau sebaliknya. Selain itu terdapat instalasi pipa yang lain berfungsi mengalirkan gas non-cair seperti pipa gas buang, pipa sistem CO₂, atau instalasi pipa yang mengalirkan udara dan uap bertekanan.. Semua pipa baik untuk memindahkan fluida atau untuk saluran pemompaan harus dipertimbangkan secara teliti karena keamanan dari sebuah kapal akan bergantung pada susunan perpipaannya. Menurut **Hukum Pascal** : Ketika tekanan pada bagian manapun suatu fluida yang tertutup berubah, maka setiap bagian fluida juga berubah dengan jumlah yang sama.

Peraturan dan perhitungan instalasi pipa, terdapat pada Rules BKI volume III tahun 2013 tentang *Machinery Instalation*.

6.1.2 Komponen Instalasi Sistem Pipa

Sistem instalasi pipa terdiri dari komponen-komponen yang mendukung proses pemindahan fluidanya. Komponen-komponen yang diperlukan dalam instalasi sistem pipa antara lain:

1. Pipa

Pipa adalah bagian utama dari sistem pipa yang berfungsi menyalurkan fluida. Pembagian kelas pipa diatur oleh Biro Klasifikasi Indonesia yang didasarkan pada tekanan dan temperatur kerjanya.

Gambar 6.48 Tabel Pembagian Kelas Pipa *¹

Medium/type of pipeline Pipe Class	Design pressure PR [bar] Design temperature t [°C]		
	I	II	III
Toxic media	All	-	-
Corrosive media Inflammable media with service temperature above the flash point Inflammable media with a flash point below 60 °C or less Liquefied gases (LG)	All	¹⁾	-
Steam	PR > 16 or t > 300	PR ≤ 16 and t ≤ 300	PR ≤ 7 and t ≤ 170
Thermal oil	PR > 16 or t > 300	PR ≤ 16 and t ≤ 300	PR ≤ 7 and t ≤ 150
Air, gas Non-flammable hydraulic fluid Boiler feed water, condensate Seawater and freshwater for cooling Brine in refrigerating plant	PR > 40 or t > 300	PR ≤ 40 and t ≤ 300	PR ≤ 16 and t ≤ 200
Liquid fuels, lubricating oil, flammable hydraulic fluid	PR > 16 or t > 150	PR ≤ 16 and t ≤ 150	PR ≤ 7 and t ≤ 60
Cargo pipelines for oil tankers	-	-	All
Cargo and venting lines for gas and chemical tankers	All	-	-
Refrigerants	-	All	-
Open-ended pipelines (without shutoff), e.g. drains, venting pipes, overflow lines and boiler blow down lines	-	-	All
¹⁾ Classification in Pipe Class II is possible if special safety arrangements are available and structural safety precautions are arranged			

Material (bahan) pipa yang dapat digunakan untuk keperluan sistem perpipaan dan perlengkapannya adalah:

a. Logam/Metal

- *Ferrous*

1. Besi Cor

Pipa dan perlengkapannya dari bahan ini oleh Biro Klasifikasi Indonesia digolongkan dalam kelas III. Pembatasan pemakaian pipa dan perlengkapannya dari material ini antara lain:

- Sistem instalasi pipa dengan temperatur kerja di atas 200°C.
- Bila aliran fluida pada sistem instalasi pipa timbul adanya *water hammer*, *strain* yang berlebihan dan *vibrasi*.

¹ Biro Klasifikasi Indonesia. 2013. *Volume III. Section 11-2. Table 11.1*

- Aliran fluida yang bersifat kimiawi dan adanya kekasaran permukaan.
- Untuk katup-katup pada tangki bahan bakar yang memiliki *static head*.

Besi cor yang digalvanis digunakan pada sistem air tawar, karena besi cor yang digalvanis terhindar dari karat.

2. Baja dan Campurannya (Baja Karbon)

Pipa dan perlengkapannya yang terbuat dari bahan ini dikategorikan dalam kelas I dan II. Pada umumnya baja karbon dan campuran baja-karbon-mangan sebagai material pipa tidak boleh digunakan untuk aliran fluida dengan temperatur di atas 400°C.

Baja karbon digunakan dalam sistem bahan bakar dan sistem pelumasan oli.

Macam-macam pipa baja karbon adalah sebagai berikut.

- Pipa baja karbon untuk instalasi umum yang dikenal dengan istilah SGP.
- Pipa baja karbon untuk instalasi bertekanan yang dikenal dengan istilah STGP.
- Pipa baja karbon untuk instalasi bertekanan tinggi yang dikenal dengan istilah STP.
- Pipa baja karbon untuk instalasi bersuhu tinggi yang dikenal dengan istilah STPT.
- Pipa baja karbon dengan pengelasan las busur listrik yang dikenal dengan istilah STPY.

3. Baja Cor

• *Non Ferrous*

1. Tembaga dan Tembaga Campuran

Secara umum ada ketentuan batasan temperatur kerja untuk pipa dan perlengkapannya yang memakai material ini, antara lain:

- Tembaga dan kuningan alumunium, temperatur maksimum adalah 200⁰C
- Campuran Tembaga-Nikel, temperatur maksimum adalah 300⁰C
- Kuningan dengan temperatur maksimum adalah 260⁰C

2. Alumunium dan Campurannya

b. Plastik

Pipa dari bahan PVC hanya digunakan pada sistem pipa tertentu saja, dengan catatan harus ada jaminan kualitas yang diatur dalam peraturan Biro Klasifikasi. Direncanakan pada kapal ini dalam sistem sanitari menggunakan pipa ini. Penggunaan material ini terutama untuk tekanan dan temperatur tinggi, akan dipertimbangkan secara khusus oleh Biro Klasifikasi untuk setiap sistem perpipaan. Jika diperlukan dilakukan test kualifikasi khusus. Pipa dari material ini hanya diperbolehkan untuk penggunaan yang terbatas dengan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan, yaitu untuk:

1. Instalasi saniter dengan menggunakan air laut (*flushing lines*)
2. Pipa buangan dan saluran buangan saniter (*WC*, *Scrapper*, dan lain-lain).

Secara garis besar material pipa yang terdaftar pada Biro Klasifikasi Indonesia bisa dilihat pada tabel di bawah ini.

Material or application		Pipe class		
		I	II	III
Steels	Pipes	Steel pipes for high temperatures above 300 °C, pipes made of steel with high/low temperature toughness at temperatures below – 10 °C, stainless steel pipes for chemicals	Pipes for general applications	Steel not subject to any special quality specification, weldability in accordance with Rules for Welding
	Forgings, plates, flanges, steel sections and Bars	Steel suitable for the corresponding service and processing conditions, high temperature steel for temperatures above 300 °C, steel with high/low-temperature toughness for temperatures below –10 °C		
	Bolts, Nuts	Bolts for general machinery constructions, high-temperature steel for temperatures above 300°C, steel with high/low temperature toughness for temperatures below –10 °C	Bolts for general machine construction	
Castings (valves, fittings, pipes)	Cast steel	High-temperature cast steel for temperatures above 300 °C, cast steel with high/low temperature toughness at temperatures below –10 °C, stainless castings for aggressive media	Cast steel for general applications	
	Nodular cast iron	Only ferritic grades, elongation A ₅ at least 15 %		
	Cast iron with lamellar graphite	–	–	Up to 220 °C, grey cast iron is not permitted for valves and fittings on ship's side, on collision bulkhead on fuel and oil tanks and for relief valves
Non-ferrous metals (valves, fittings, pipes)	Copper, copper alloys	In cargo lines on chemical tankers only with special approval, low-temperature copper-nickel alloys by special agreement	For seawater and alkaline water only corrosion resistant copper and copper alloys	
	Aluminium, aluminium alloys	In cargo and processing lines on gas tankers	Only with the agreement of BKI up to 200 °C, not permitted in fire extinguishing systems	
Non-metallic materials	Plastics	–	–	On special approval (see 2.6)

Gambar 6.49 Material Pipa pada Register Biro Klasifikasi Indonesia *²

² Biro Klasifikasi Indonesia. 2013. *Volume III. Section 11-4. Table 11.2*

Inside Diameter (mm)	Nominal Size (inch)	Outside Diameter (mm)	SGP Tebal (mm)	Schedule (mm)	Schedule (mm)
6	¼	10.5	2.0	1.7	2.4
10	3/8	17.3	2.3	2.3	3.2
15	½	21.7	2.8	2.8	3.7
20	¾	27.2	3.2	2.9	3.9
25	1	34.0	3.5	3.4	4.5
32	1 ¼	42.7	3.5	3.6	4.9
40	1 ½	48.6	3.8	3.7	5.1
50	2	60.5	4.2	3.9	5.5
65	2 ½	76.3	4.2	5.2	7.0
80	3	89.1	4.5	5.5	7.6
100	4	114.3	4.5	6.0	8.6
125	5	139.8	5.0	6.6	9.5
150	6	165.2	5.8	7.1	11.0
200	8	216.3	6.6	8.2	12.7
250	10	267.4	6.9	9.3	-
300	12	318.5	7.9	10.3	-
250	14	355.6	7.9	11.1	-
400	16	406.4	-	12.7	-
450	18	457.2	-	-	-
500	20	508.0	-	-	-

Gambar 6.50 Standart ukuran pipa baja

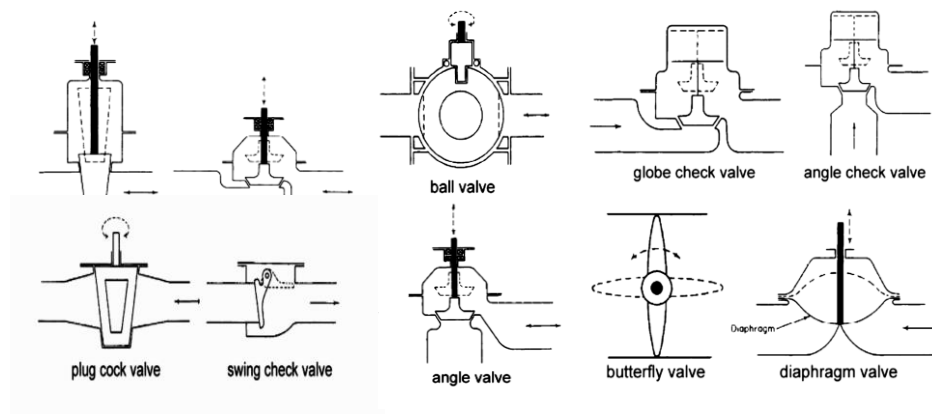
2. Valve (Katup)

Alat pemutus dan alat pengarah aliran (*valve*) adalah peralatan yang berguna untuk memutuskan, menghubungkan, serta merubah arah ke bagian yang lain dari sistem pipa dan juga untuk mengontrol aliran dan tekanan dari fluida.

Pemilihan jenis *valve* bergantung pada:

- Jenis fluida yang mengalir
- Jumlah aliran

- Tujuan/fungsi *valvenya*, antara lain:
 - a. Untuk mengontrol kecepatan valve yang panjang ekuivalensinya besar, misalnya *diaphragm valve*, *globe valve*, dan *needle valve*.
 - b. Untuk mengontrol arah aliran (aliran balik yang tidak diinginkan), maka dapat digunakan *non return valve*, *swing check valve*, *angle check valve*, dan *globe check valve*.
 - c. Untuk membuka/menutup aliran (*shut off valve*). Untuk *shut off valve* maka harus betul-betul dapat tertutup rapat pada waktu tertutup, dan dapat memberikan tahanan aliran yang kecil jika sedang terbuka. Jenis *gate valve*, *plug valve*, dan *ball valve* yang digunakan untuk tujuan ini.



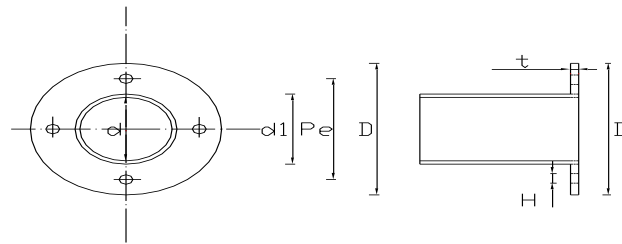
Gambar 6.51. Jenis-Jenis Valve

3. Valve Gear

Pengatur katup (*valve gear*) adalah peralatan untuk mengontrol katup pada sistem pipa baik dari tempat itu (*local control*) maupun dari tempat yang jauh (*remote control*).

4. Flens (*Flange*)

Pipa sesuai dengan panjangnya dihubungkan dengan flens untuk pipa baja. Flens baja dibentuk dengan las bubut, ulir atau menambah pipa. Dimana kedua ujung pipa yang akan disambung dipasang flens kemudian diikat dengan baut (*bolt*). Flens pipa dikelompokkan menurut besarnya tekanan yang disesuaikan dengan tekanan kerja maksimum ataupun di atasnya. Tetapi tekanan kerja maksimum pada uap, udara kompresi, udara/gas, air, minyak dan lain-lain, instalasi pipa disesuaikan dengan besarnya tekanan dan kondisi fluida.



Gambar 6.52. *Flens*

Keterangan:

d = Diameter dalam

d_1 = Diameter luar pipa

P_e = Diameter letak baut flens

D = Diameter flens

t = Tebal flens

H = Diameter Baut

Sambungan antar pipa dengan flens harus sesuai dengan ketentuan, dimana ketentuan tersebut seperti yang terdaftar pada tabel di bawah ini. *³

d	d₁	Dc	D	T	h	Jumlah
15	21,0	60	80	9	12	4
20	27,7	65	85	10	12	4
25	34,0	75	95	10	12	4
32	42,7	90	115	12	15	4
40	48,6	95	120	12	15	4
65	76,3	130	150	14	15	4
80	89,1	145	180	14	15	4
100	114,3	165	200	16	19	4
125	159,8	200	135	16	19	8
150	165,2	135	265	18	19	8

³ Buku Ajar *Sistem dalam Kapal*. BAB II : Pipa dan Sambungan

200	216,3	280	320	20	20	8
-----	-------	-----	-----	----	----	---

Gambar 6.53 Tabel ketentuan pipa dan flens

Flens pipa secara umum dikelompok menjadi beberapa macam menurut cara penyambungan dan tipe dari permukaan flens. Berikut ini flens yang umum digunakan.

1. *Welded Neck Flange*

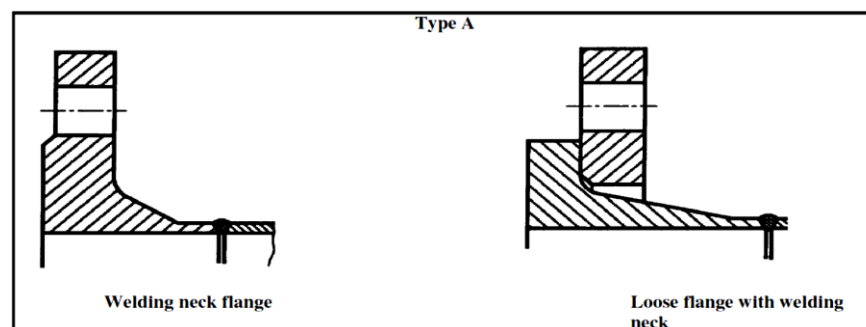
Welded Neck Flange adalah flens yang ujungnya dilas pada pipa dan berbentuk kerucut tipis untuk penguatan. Tipe flens seperti ini memiliki keamanan konstruksi yang lebih baik dan cocok untuk tekanan tinggi, suhu tinggi dan suhu yang rendah.

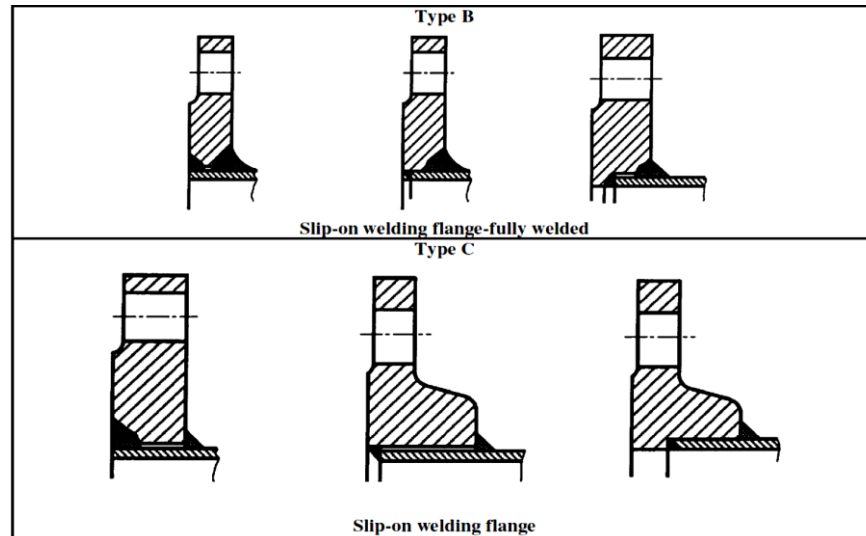
2. *Slip-on Welded Flanges*

Pada slip-on welded flens, pipa dimasukkan ke plate flens dan dilas tipis pada kedua sisi dari flens dan cocok untuk instalasi dengan tekanan dari rendah sampai dengan tekanan sedang.

3. *Composite Flange*

Flens komposit yang digunakan pada instalasi pipa *copper* atau paduan *copper* dengan diameter ≤ 50 mm atau lebih sesuai ketentuan yang ada. Sebagai contoh misalnya bagian dalam flens menggunakan *cast branze* sedangkan bagian luar flens menggunakan baja lunak.





Gambar 6.54. Tipe-Tipe Flens

5. Peralatan lain, peralatan ini biasanya digunakan dalam sistem tertentu, antara lain adalah sebagai berikut.

- Pipa khusus untuk pemasukan (*pipe line*),
- Kotak lumpur (*mud boxes*),
- Saringan pemasukan (*grating*),
- *Separator* untuk memisahkan air laut dengan lumpur, pasir dan batu
- *Steam trap* untuk menampung pengembunan uap air di dalam sistem pipa,
- *Sprinklers* yaitu sistem pemadam dengan menggunakan air bertekanan dalam pipa,
- Pompa untuk menghisap dan memindahkan fluida antar tanki, atau dari luar kapal ke dalam kapal atau sebaliknya.

6.1.2 Pemilihan Ukuran Pipa

Ukuran diameter dalam sebuah pipa ditentukan berdasarkan:

- a. Jenis fluida yang mengalir di dalam pipa.
- b. Jumlah volume fluida yang akan dipindahkan.
- c. Kecepatan aliran dari fluida yang akan dipindahkan, dimana perlu juga diperhatikan adanya tekanan akibat gesekan.
- d. Harga pipa, dimana semakin berat pipa harganya makin mahal.

Dengan demikian dapatlah disimpulkan bahwa:

- Makin besar penampang pipa makin tinggi harganya,

- Makin kecil penampang pipa, makin banyak pipa yang dibutuhkan, makin banyak pula tempat yang dibutuhkan, tetapi hal ini memberikan keuntungan karena pada penginstalasian pipa mudah diselipkan di tempat-tempat yang tidak terpakai,
- Makin kecil aliran fluida dalam pipa, makin kecil tahanannya dan dapat memberikan aliran yang laminar.

Untuk menentukan ukuran pipa yang akan dipakai, saya menggunakan ketentuan ukuran pipa standar berdasarkan kapasitas tangki dan ukuran untuk pipa standar Jepang (*Japan International Standart*).

1. Ukuran Pipa Berdasarkan Kapasitas Tanki *⁴

Kapasitas Tangki (Ton)	Diameter Dalam Pipa & <i>Fitting</i> (mm)
0 – 20	60
20 – 40	70
40 – 75	80
75 – 120	90
120 – 190	100
190 – 265	110
265 – 360	125
360 – 480	140
480 – 620	150
620 – 800	160
800 – 1000	175
1000 – 1300	200

⁴ Buku Ajar *Sistem dalam Kapal*. BAB II : Pipa dan Sambungan

1300 – 1700	215
-------------	-----

Gambar 6.55 Tabel ukuran pipa

2. Ukuran Pipa Menurut JIS (*Japan International Standart*)

<i>Inside Diameter (mm)</i>	<i>Nominal Size (inch)</i>	<i>Outside Diameter (mm)</i>	<i>SGP Tehal (mm)</i>	<i>Schedule (mm)</i>	<i>Schedule 80 (mm)</i>
6	¼	10.5	2.0	1.7	2.4
10	3/8	17.3	2.3	2.3	3.2
15	½	21.7	2.8	2.8	3.7
20	¾	27.2	3.2	2.9	3.9
25	1	34.0	3.5	3.4	4.5
32	1 ¼	42.7	3.5	3.6	4.9
40	1 ½	48.6	3.8	3.7	5.1
50	2	60.5	4.2	3.9	5.5
65	2 ½	76.3	4.2	5.2	7.0
80	3	89.1	4.5	5.5	7.6
100	4	114.3	4.5	6.0	8.6
125	5	139.8	5.0	6.6	9.5
150	6	165.2	5.8	7.1	11.0
200	8	216.3	6.6	8.2	12.7
250		267.4	6.9	9.3	-
300	12	318.5	7.9	10.3	-
350	14	355.6	7.9	11.1	-
400	16	406.4	-	12.7	-
450	18	457.2	-	-	-
500	20	508.0	-	-	-

Gambar 6.56 Tabel ukuran pipa menurut JIS

6.2 SISTEM INSTALASI PERPIPAAN DAN PERHITUNGANNYA

Sistem dan instalasi pipa yang menyangkut pelayanan terhadap kapal antara lain:

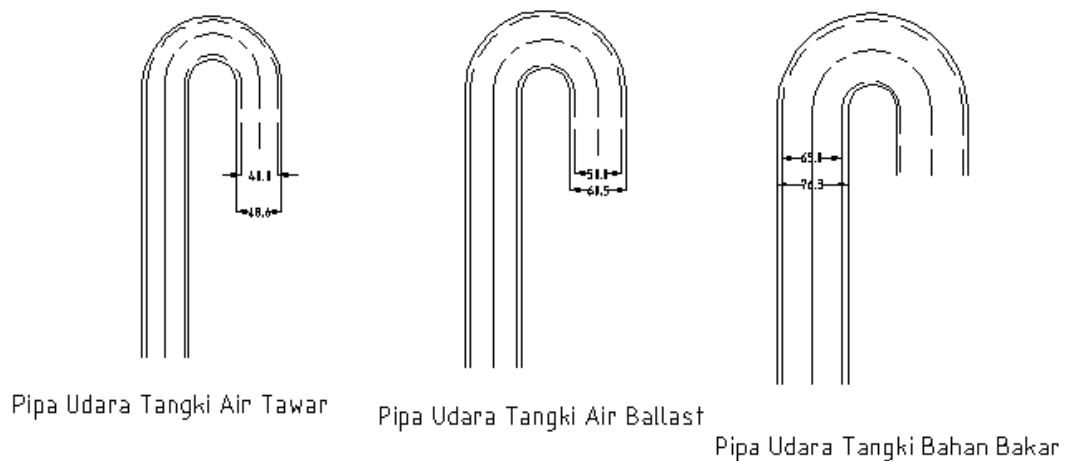
- Sistem Bilga, yaitu sistem yang berfungsi untuk membersihkan segala kotoran yang timbul di kapal khususnya zat cair.
- Sistem *Ballast*, yaitu sistem yang berfungsi untuk menjaga agar kapal dalam keadaan stabil
- *Fuel Oil System*
- *Lubricant Oil System*
- *Fresh Water System*

- *Fire Emergency System*
- *Starting Air System*

Semua tanki dan ruangan kosong dan lain-lain harus dilengkapi dengan pipa udara yang ujungnya berakhir di geladak biasa. Pipa-pipa udara dari tanki-tanki pengumpulan atau penampungan minyak yang tidak dipanasi boleh terlihat di geladak mesin. Pipa-pipa udara harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak terjadi pengumpulan cairan dalam pipa tersebut. Pipa udara dari tanki penyimpanan minyak lumas, boleh berakhir pada kamar jika dinding tanki penyimpanan minyak lumas tersebut merupakan bagian dari lambung kapal. Maka pipa-pipa udaranya harus berakhir di selubung kamar mesin di atas geladak lambung timbul. Pipa udara dari tanki-tanki *cofferdam* dan ruangan yang merupakan pipa hisap bilga harus dipasang dengan pipa udara yang berakhir di ruangan terbuka.

Pipa udara dipasang pada semua tanki untuk mengeluarkan udara pada waktu tanki sedang diisi secara sempurna dan menghindarkan adanya kenaikan tekanan. Aturan untuk pipa udara menurut Biro Klasifikasi Indonesia 2013 *Volume III Section 11-33*. Untuk tinggi pipa udara di atas *Freeboard Deck*: 760 mm, di atas *Super Structure Deck* : 450 mm. Untuk ukuran pipa udara : *Fresh Water Tank* : $> 1\frac{1}{2}$ “, *Water Ballast Tank* : > 2 “, *Fuel Oil Tank* : $> 2\frac{1}{2}$ “.

Adapun untuk pipa duga dengan diameter minimal adalah 32 mm dan akan direncanakan 1 ¼”. Letak pipa duga secara umum menurut BKI 2013 adalah tanki-tanki ruangan, *cofferdam* dan bilga dalam ruangan yang tidak mudah dicapai setiap saat harus dilengkapi pipa duga, sedapat mungkin pipa duga tersebut harus memanjang ke bawah sampai mendekati alas. Pipa duga yang ujungnya terletak di bawah garis lambung timbul harus dilengkapi dengan katup otomatis. Pipa duga seperti itu hanya diijinkan dalam ruangan yang dapat diperiksa dengan temperatur. Pipa duga harus dilengkapi dengan pelapis dibawahnya bilamana pipa duga tersebut dihubungkan dengan kedudukan samping atas pipa cabang di bawah pipa tersebut harus dipertebal secukupnya. Pipa duga tanki dilengkapi dengan lubang pengatur tekanan yang dibuat sedikit mungkin di bawah geladak tanki.

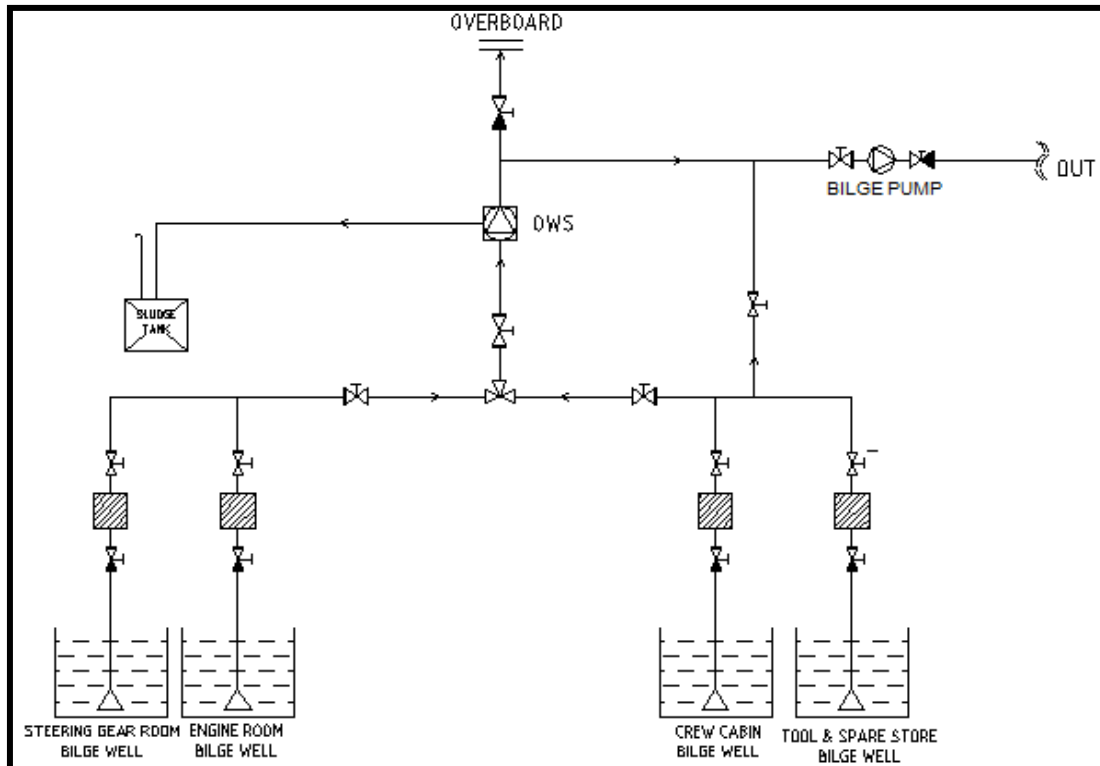


Gambar 6.57. Pipa Udara

6.2.1 Sistem Bilga (*Clean Bilge System and Oily Bilge System*)

1. Cara Kerja Sistem Bilga

Cara kerja dari sistem bilga adalah menampung berbagai zat cair tersebut ke dalam sebuah tempat yang dinamakan dengan *bilge well*, kemudian zat cair tersebut dihisap dengan menggunakan pompa bilga dengan ukuran tertentu untuk dikeluarkan dari kapal melalui *overboard*. Sedangkan zat cair yang mengandung minyak, yaitu yang tercecer di dalam *engine room* akan ditampung didalam *bilge well* yang terletak dibawah *main engine*, kemudian akan disalurkan menuju *Oily Water Separator* untuk dipisahkan antara air, kotoran dan minyaknya. Untuk minyaknya ditampung di *sludge tank* sedangkan untuk air dan kotoran yang tercampur akan dikeluarkan melalui *overboard*.



Gambar 6.58 Skema Sistem Bilga

2. Susunan Pipa Bilga Secara Umum

Perpipaan bilga terdiri dari pipa bilga utama dan pipa bilga cabang, pipa bilga langsung, dan pipa bilga darurat. Sistem bilga utama dan cabang fungsinya untuk memindahkan air yang tercecer yang terdapat pada tempat-tempat bilga pada kapal dengan menggunakan pompa bilga di kamar mesin. Sisi hisap bilga di kamar mesin biasanya dipasang di dalam *bilge well* di bagian depan kamar mesin (*port dan starboard*), bagian belakang kamar mesin, dan bagian belakang *shaft tunnel*. Saluran cabang bilga ini dihubungkan dengan saluran utama bilga yang mana dihubungkan ke sisi hisap pompa bilga. Pipa-pipa bilga langsung adalah untuk menghubungkan secara langsung *bilge well* pada bagian depan kamar mesin dengan pompa bilga. Diameter dalamnya sama dengan saluran bilga utama. Pipa bilga darurat adalah pipa hisap bilga yang dihubungkan ke pompa yang mempunyai kapasitas terbesar di kamar mesin dan biasanya dihubungkan ke pompa utama pendinginan air laut di mesin kapal. Diameter dalam pipa bilga darurat biasanya sama dengan diameter hisap pompa.

Susunan pipa bilga secara umum harus ditentukan dengan persyaratan dari Biro Klasifikasi Indonesia 2013 Volume III Section 11 N.1 , yaitu:

- a. Pipa-pipa bilga dan penghisapannya harus ditentukan sedemikian rupa sehingga kapal dapat dikeringkan sempurna walaupun dalam keadaan miring/ kurang sempurna.
- b. Pipa-pipa hisap harus diatur kedua sisi kapal pada ruangan-ruangan kedua ujung masing-masing kapal cukup dilengkapi dengan satu pipa hisap yang dapat mengeringkan ruangan-ruangan tersebut.
- c. Ruangan yang terletak di depan sekat tubrukan dan di belakang tabung poros *propeller* yang tidak dihubungkan dengan sistem pompa bilga umum harus dikeringkan dengan cara yang memadai.
- d. Pipa Bilga yang melalui tanki-tanki.
 - Pipa bilga yang melewati tanki-tanki tidak boleh dipasang melalui tanki minyak lumas, minyak panas, dan air minum.
 - Jika pipa bilga melalui tanki bahan bakar yang terletak di atas alas ganda dan berakhir pada ruangan yang sulit dicapai selama pelayaran maka harus dilengkapi dengan katup *non-return* tambahan, tepat dimana pipa dari sisi hisap bilga tersebut masuk ke tanki bahan bakar.
- e. Pipa Hisap Bilga dan Saringan-saringan
 - Pipa hisap harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak menyulitkan dalam membersihkan pipa hisap. Kotak pengering pipa hisap dilengkapi dengan saringan yang tahan karat.
 - Aliran pipa hisap bilga darurat tidak boleh terhalang dan pipa hisap tersebut terletak pada jarak yang cukup dari alas dalam.
- f. Katup dan Perlengkapan Sistem Bilga
Katup dan perlengkapan pada pipa bilga terletak pada tempat yang strategis, sehingga efisien dalam penggunaannya.
- g. Peralatan/kompnen yang digunakan dalam sisem bilga antara lain :
 - a. Stop Globe valve (katup bundar)
 - b. pompa
 - c. change over valve

- d. filter/strainer
- e. Oil Water separator pump
- f. Screw down non-return valve (katup satu arah)

3. Perhitungan Pipa Bilga dan Perlengkapannya

a. Pipa Bilga Utama

1. Perhitungan Diameter Dalam Pipa *⁵

$$d_H = 1,68 \sqrt{L \times (B+H)} + 25 \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$L = 22,00 \text{ m}$$

$$B = 6.62 \text{ m}$$

$$H = 3,00 \text{ m}$$

Sehingga:

$$d_H = 1,68 \sqrt{22,00 \times (6,62 + 3,00)} + 25 \text{ mm}$$

$$= 49,44 \text{ mm}$$

$$= 50 \text{ mm (Dicocokkan dengan Standar Ukuran Pipa Baja Menurut JIS)}$$

2. Perhitungan Tebal Pipa Utama *⁶

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times V) + P_c}$$

$$d_a = \text{Diameter Luar Pipa} *^7$$

$$= 60,5 \text{ mm}$$

$$P_c = \text{Ketentuan Tekanan} *^8$$

$$= 16 \text{ Bar}$$

$$\sigma_{perm} = \text{Toleransi Tegangan Max} *^9$$

$$= 80 \text{ N/mm}^2$$

⁵ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-27. N-2.2

⁶ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-9. C-2.1

⁷ Standar Ukuran Pipa Baja. *Japan International Standar*. Pipe

⁸ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-2. Table 11.1

⁹ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-10. C-2.3.3

$$v = \text{Faktor Efisiensi}^{*10}$$

$$= 1,00$$

$$S_o = \frac{(60,5 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16}$$

$$= 0,60 \text{ mm}$$

$$c = \text{Faktor korosi } \textit{Seawater Lines}^{*11}$$

$$= 3,00$$

$$b = 0$$

Sehingga:

$$S = 0,60 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0$$

$$= 3,60 \text{ mm}$$

3. Kapasitas Pompa Bilga Utama ^{*12}

$$Q = 5,75 \times 10^{-3} \times d_H^2$$

$$= 5,75 \times 10^{-3} \times 80^2$$

$$= 24,294 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

b. Pipa Bilga Cabang

1. Perhitungan Diameter Pipa ^{*13}

$$d_z = 2,15 \sqrt{1 \times (B+H)} + 25 \text{ (mm)}$$

$$= 2,15 \sqrt{22,00 \times (6,62 + 3,00)} + 25 \text{ (mm)}$$

$$= 56,27 \text{ mm}$$

$$= 65 \text{ mm (Dicocokkan dengan Standar Ukuran Pipa Baja Menurut JIS)}$$

2. Perhitungan Tebal Pipa Cabang

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times V) + P_c}$$

d_a = Diameter Luar Pipa

¹⁰ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-10. C-2.5

¹¹ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a

¹² Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-28. N-3.1

¹³ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-27. N-2.2

$$= 76,3 \text{ mm}$$

Pc = Ketentuan Tekanan

$$= 16 \text{ Bar}$$

σ_{perm} = Toleransi Tegangan Max

$$= 80 \text{ N/mm}^2$$

v = Faktor Efisiensi

$$= 1,00$$

$$S_o = \frac{(76,3 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16}$$

$$= 0,75 \text{ mm}$$

c = Faktor korosi *Seawater Lines* *¹⁴ = 3,00

$$b = 0$$

Sehingga:

$$S = 0,75 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 = 3,75 \text{ mm}$$

Pipa utama sistem bilga



Pipa cabang sistem bilga



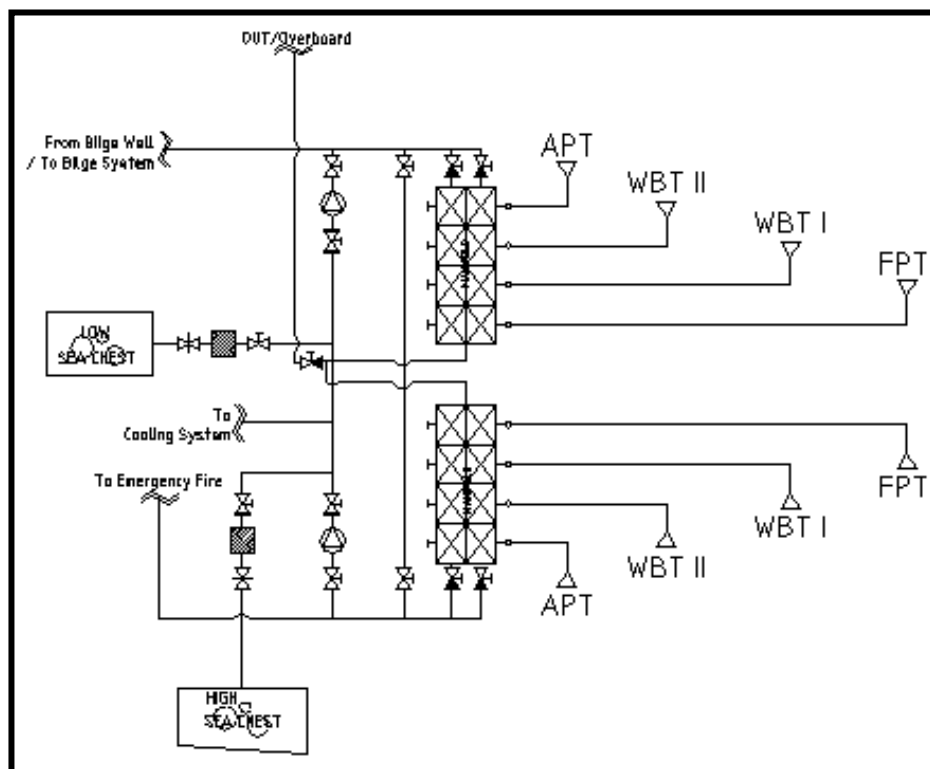
Gambar 6.59 Pipa pada sistem Bilga

¹⁴ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a

6.2.2 Sistem Ballast

1. Cara Kerja Sistem Ballast

Cara kerja sistem *ballast* adalah untuk mengisi tanki *ballast* (*After peak tank*, *Water ballast 1*, *Water ballast 2*, *Fore peak tank*) dengan air laut, yang diambil dari *sea chest* melalui pompa *ballast*. Yang mana sis seachest terdapat *gate valve*, *strainer*, *stop globe valve* secara berurutan. Seachest terletak pada bagian kamar mesin yang paling depan dan paling bawah. Hal ini dimaksudkan bahwa air yang disedot kedalam tidak mengandung kotoran dari pembuangan atau outboard. Kemudian masuk ke tangki tangki *ballast* melalui manipole. Dan sisa air yang tidak dipakai akan dikeluarkan melalui overboard dan harus menggunakan katup dengan jenis SDNRV.



Gambar 6.60 Skema Sistem Ballast

2. Susunan Pipa Ballast Secara Umum

Menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia *Volume III 2013 Section 11-P* dinyatakan:

- Jalur Pipa Ballast

- Pipa hisap dalam tanki-tanki *ballast* harus diatur sedemikian rupa sehingga tanki-tanki tersebut dapat dikeringkan sewaktu kapal dalam keadaan trim atau kapal dalam keadaan kurang menguntungkan.
- Kapal yang memiliki tanki *double bottom* yang sangat lebar juga dilengkapi dengan sisi isap pada sebelah luar dari tanki. Dimana panjang dari tanki air *ballast* lebih dari 30 m, Kelas mungkin dapat meminta sisi isap tambahan untuk memenuhi bagian depan dari tanki.

b. Pipa yang Melalui Tanki

Pipa air *ballast* tidak boleh melalui instalasi tanki air minum, tanki air baku, tanki minyak bakar, dan tanki minyak pelumas

c. Sistem Perpipaan

- Bilamana tanki air *ballast* akan digunakan khususnya sebagai pengering palka, tanki tersebut juga dihubungkan ke sistem bilga.
- Katup harus dapat dikendalikan dari atas geladak cuaca (*freeboard deck*).
- Bilamana *fore peak* secara langsung berhubungan dengan suatu ruang yang dapat dilalui secara tetap (misalnya ruang *bow thruster*) yang terpisah dari ruang kargo, katup ini dapat dipasang secara langsung pada *collision bulkhead* di bawah ruang ini tanpa peralatan tambahan untuk pengaturannya.

d. Pompa *Ballast*

Jumlah dan kapasitas dari pompa harus memenuhi kebutuhan operasional dari kapal.

e. Komponen yang ada di dalam sistem *ballast*

- Manifole
- Pompa
- Screw Down Non-return Valve (katup satu arah)
- Globe Valve (katup bundar)
- Gate Valve
- Filter/strainer

3. **Perhitungan Pipa *Ballast* dan Perlengkapannya**

a. Diameter Pipa *Ballast*

Diameter pipa *ballast* disesuaikan dengan kapasitas tanki air *ballast* yaitu:

$$\text{Volume Tanki Air Ballast} = 23.823 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat Jenis Air Laut} = 1,025 \text{ ton / m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas tanki air } ballast &= V \times \text{berat jenis air laut} \\ &= 23.823 \times 1,025 \\ &= 24,418 \text{ ton}\end{aligned}$$

Menurut tabel ukuran pipa berdasarkan kapasitas tanki, untuk kapasitas tanki antara 20~40 ton, diameter dalam pipa (d_B) adalah 70 mm.

b. Kapasitas Pompa *Ballast* *¹⁵

$$\begin{aligned}Q_b &= 5,75 \times 10^{-3} \times d_B^2 \\ &= 5,75 \times 10^{-3} \times 70^2 \\ &= 28,175 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

c. Perhitungan Tebal Pipa *Ballast*

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{\text{perm}} \times V) + P_c}$$

$$\begin{aligned}D_a &= \text{Diameter Luar Pipa} \\ &= 89,1 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_c &= \text{Ketentuan Tekanan} \\ &= 16 \text{ Bar}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{perm}} &= \text{Toleransi Tegangan Max} \\ &= 80 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v &= \text{Faktor Efisiensi} \\ &= 1,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_o &= \frac{(89,1 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16} \\ &= 0,882 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= \text{Faktor korosi } \textit{Seawater Lines} *^{16} \\ &= 3,00\end{aligned}$$

$$b = 0$$

¹⁵ Biro Klasifikasi Indonesia 2006. Volume III. Section 11-28. N-3.1

¹⁶ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a

Sehingga :

$$\begin{aligned} S &= 0,882 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\ &= 3,882 \text{ mm} \end{aligned}$$

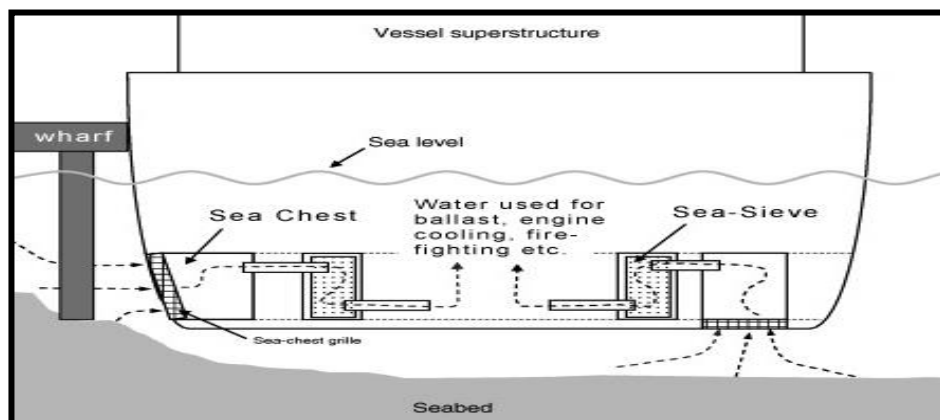
Pipa utama sistem ballast



Gambar 6.61 Pipa pada sistem Ballast

4. Kotak Laut (*Sea Chest*) dan Perhitungannya

Pada kapal baja maupun kapal kayu yang mempunyai instalasi mesin di dalam (*type inboard engine*), pemakaian kotak laut (*sea chest*) yang dipasang pada lambung kapal bagian bawah air mutlak diperlukan. Karena dari *sea chest* ini semua kebutuhan air laut dalam kapal di saat kapal melakukan tugasnya dapat terpenuhi. Di dalam kapal, air laut dibutuhkan untuk pendingin mesin induk dan mesin bantu, untuk keperluan *ballast*, pemadam kebakaran, dan sebagainya. Pada umumnya *sea chest* dipasang pada dua tempat yang berbeda ketinggiannya, karena bervariasinya kedalaman perairan yang dilewati.



Gambar 6.62. Gambar Letak Sea Chest

6.2.2.1 Kapasitas *Sea Chest*

Kapasitas *sea chest* adalah antara 10% ~ 17% *Displacement*, diambil 10%. *¹⁷

$$\begin{aligned}V_{SC} &= 10\% \times D \\&= 10\% \times 167,56 \\&= 16,756 \text{ Ton}\end{aligned}$$

6.2.2.2 Diameter Dalam Pipa *Sea Chest*

Menurut tabel ukuran pipa berdasarkan kapasitas tanki, untuk kapasitas tanki antara 75-120 ton, diameter dalam pipa *Sea Chest* (d_{sc}) adalah 90 mm.

6.2.2.3 Perhitungan Tebal Plat *Sea Chest*

$$T = 12 \cdot a \cdot \sqrt{P \cdot k} + tk \text{ *}^{18}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}a &= \text{Frame Spacing} &&= 0,5 \text{ M} \\P &= \text{Tekanan Blow Up} &&= 2 \text{ Bar} \\tk &= \text{Faktor Korosi} &&= 1,5 \\k &= \text{Faktor Bahan} &&= 1\end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}T &= 12 \times 0,50 \times \sqrt{2 \times 1} + 1,5 \\&= 10 \text{ mm}\end{aligned}$$

6.2.2.4 Perhitungan Lubang *Sea Chest*

- Luas Penampang Pipa

$$\begin{aligned}A &= \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \\&= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 70^2 \\&= 3846,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

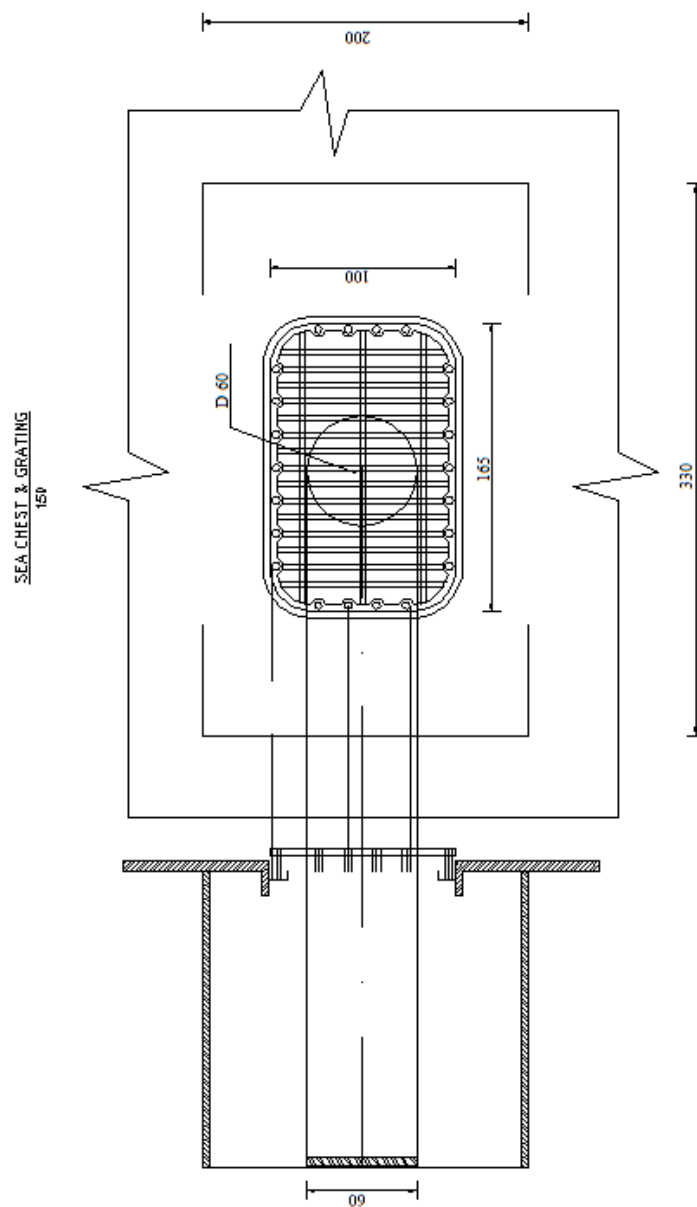
- Luas Penampang *Sea Grating*

Direncanakan 2 kali luas penampang pipa

$$\begin{aligned}A_1 &= 2 \times A \\&= 2 \times 3846,5 \\&= 7693 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

¹⁷ Sistem Dalam Kapal Hal: 31. 1982. Surabaya: ITS

¹⁸ Biro Klasifikasi Indonesia. 2013. *Volume II. Section 8-4. B-5.4.1*



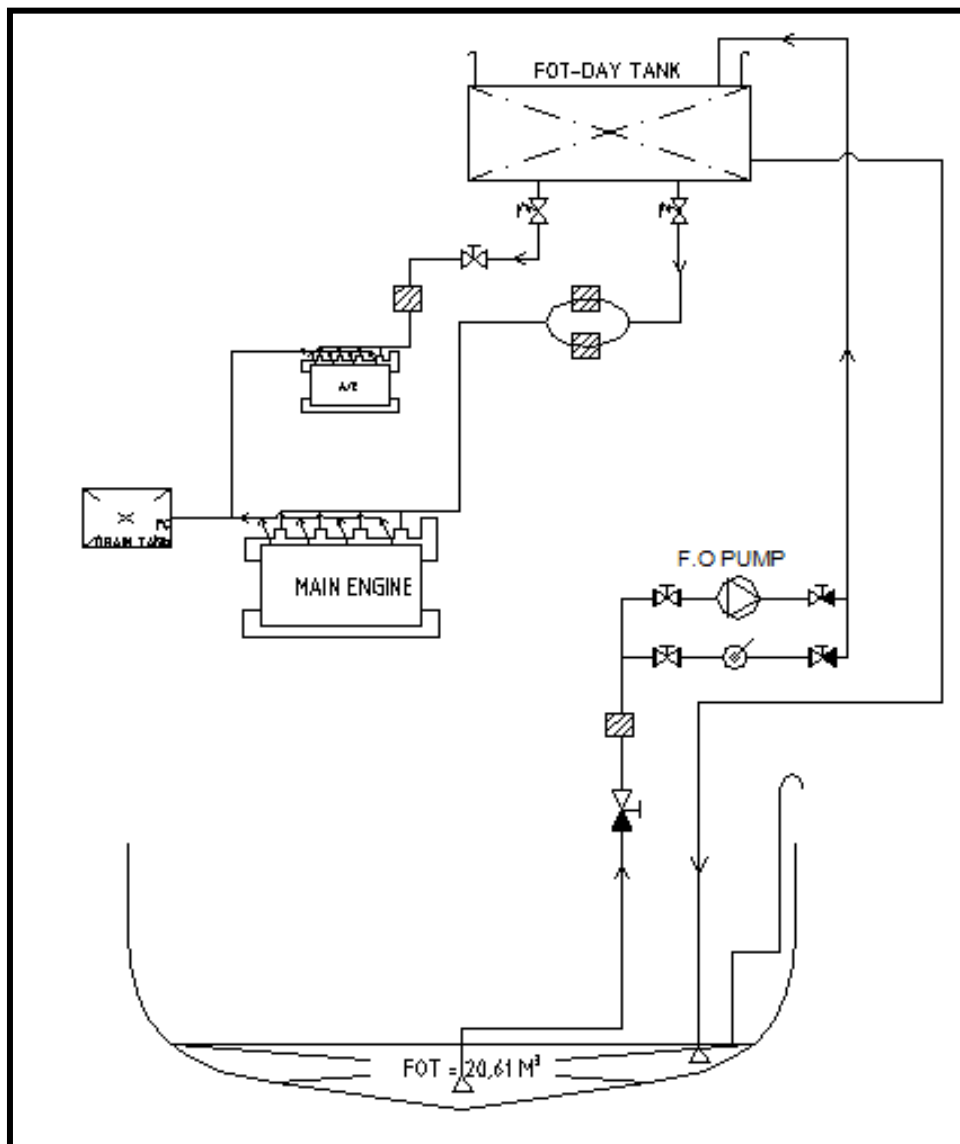
Gambar 6.63 Sea Chest dan Grating

6.2.3 Sistem Bahan Bakar (*Fuel Oil System*)

1. Cara Kerja Sistem Bahan bakar

Pipa bahan bakar tidak boleh melalui tanki air tawar maupun tanki minyak lumas. Pipa bahan bakar tidak boleh terletak disekitar komponen-komponen yang panas.

Cara kerja sistem bahan bakar yaitu semua *system* bermula pada storage tank menuju pada *main engine* dan *auxiliary engine*. Dengan menggunakan pompa bahan bakar menuju *F.O Day tank*. Dari *F.O Day tank* bahan bakar akan didistribusikan ke mesin induk dan mesin bantu. Setelah dari mesin induk dan mesin bantu, maka sisa bahan bakar akan masuk ke *sludge tank*. Jika ada tumpahan bahan bakar di *F.O Day tank* maka akan kembali ke *storage tank* lagi.



Gambar 6.64 Skema Sistem Bahan Bakar

2. Pipa Pengisi dan Pengeluaran

Pengisian pipa bahan bakar cair harus disalurkan melalui pipa yang diletakkan dari geladak terbuka/tempat-tempat pengisian bahan bakar di bawah geladak. Disarankan pada pengisian dari kedua sisi kapal. Penutupan pipa di atas geladak harus dapat dilakukan pengaliran bahan bakar menggunakan pipa pengisian.

3. Komponen yang ada di dalam sistem bahan bakar

- a. Stop Globe Valve (katup bundar)
- b. Emergency shut off valve
- c. pompa
- d. Screw Down Non Return Valve
- e. Pompa tangan
- g. Filter/Strainer

4. Perhitungan Pipa Bahan Bakar

$$\begin{aligned}\text{BHP Mesin Induk} &= 2 \times 470 \text{ HP} \\ \text{BHP Mesin Bantu} &= 900 \text{ HP} \\ \text{Sehingga Total HP} &= \text{BHP AE} + \text{BHP ME} \\ &= 900 + 940 \\ &= 1840 \text{ HP} \times 2 = 3680 \text{ HP}\end{aligned}$$

- a. Debit *Fuel* yang Mengalir pada Pipa Bahan Bakar (Q_{F1}) dan Volume Tanki Harian ($V_{FOT-DAY}$)

Konsumsi bahan bakar untuk mesin diesel adalah (0,17~0,18) kg/HP/jam
*¹⁹

Sehingga konsumsi bahan bakar mesin diesel dengan daya total 6200 HP :

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi Bahan Bakar} &= 0,17 \times 3680 \\ &= 625,6 \text{ kg/jam} \\ &= 0,625 \text{ Ton/jam}\end{aligned}$$

¹⁹ Sugeng, Sunarso. 2009. Prosedur Perencanaan Untuk Kapal-Kapal Ikan Berukuran Kecil hal:200. TEKNIK Vol. 30

Debit bahan bakar yang mengalir dalam pipa (Q_{F1}) :

= Konsumsi Bahan Bakar x Spesifik Volume Berat Bahan Bakar

$$= 0,625 \text{ Ton/Jam} \times 1,25 \text{ m}^3/\text{Ton}$$

$$= 0,782 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pengisian tanki bahan bakar tiap 12 jam, sehingga volume tanki harian :

$$V_{\text{FOT-DAY}} = Q_{F1} \times 12$$

$$= 0,782 \times 12$$

$$= 9,384 \text{ m}^3$$

b. Debit *Fuel* yang Mengalir pada Pipa dari FOT ke FOT-DAY (Q_{F2})

Pengisian tanki harian diperlukan waktu 1 jam, maka debit bahan bakar yang mengalir dari tanki bahan bakar ke tanki harian :

$$Q_{F2} = \frac{V_{\text{FOT-DAY}}}{h}$$

$$= \frac{9,384}{1 \text{ Jam}}$$

$$= 9,384 \text{ m}^3/\text{jam}$$

c. Diameter Dalam Pipa Bahan Bakar dari Tanki Harian Menuju Mesin

$$d = \sqrt{\frac{Q_{F1}}{5,75 \times 10^{-3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,782}{0,00575}}$$

$$= 11,661 \text{ mm}$$

$$= 15 \text{ mm (Dicocokkan dengan Standar Ukuran Pipa Baja Menurut JIS)}$$

d. Diameter Dalam Pipa Bahan Bakar dari Tanki Bahan Bakar Menuju Tanki Harian

$$d = \sqrt{\frac{Q_{F2}}{5,75 \times 10^{-3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{9,384}{0,00575}}$$

$$= 40,40 \text{ mm}$$

$$= 50 \text{ mm (Dicocokkan dengan Standar Ukuran Pipa Baja Menurut JIS)}$$

e. Perhitungan Tebal Pipa dari Tanki Bahan Bakar ke Tanki Harian

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times v) + P_c}$$

$$d_a = \text{Diameter Luar Pipa} \\ = 60,5 \text{ mm}$$

$$P_c = \text{Ketentuan Tekanan} \\ = 16 \text{ Bar}$$

$$\sigma_{perm} = \text{Toleransi Tegangan Max} \\ = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$v = \text{Faktor Efisiensi} \\ = 1,00$$

$$S_o = \frac{(60,5 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16} \\ = 0,600 \text{ mm}$$

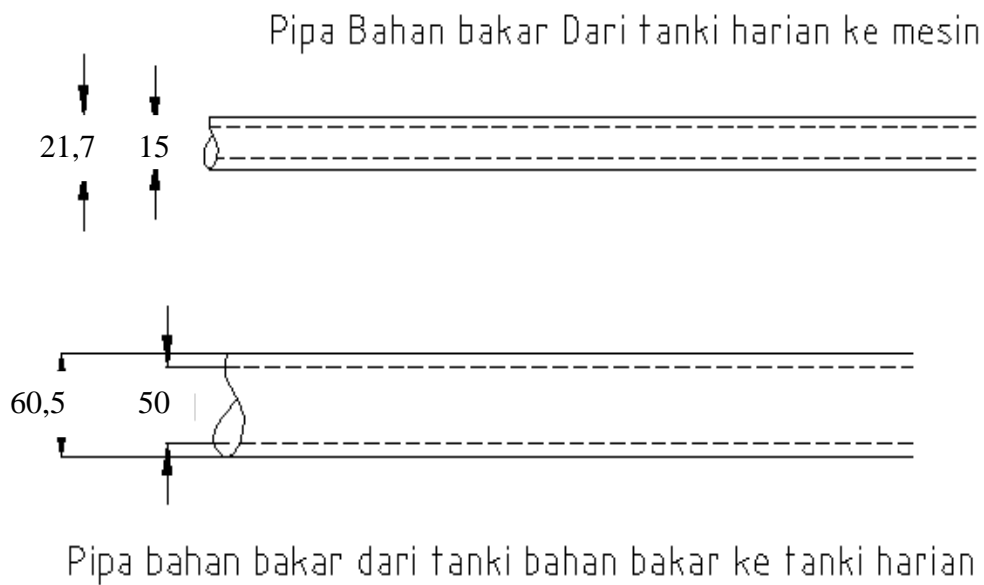
$$c = \text{Faktor korosi } Fuel \text{ Lines }^{*20} \\ = 1,00$$

$$b = 0$$

Sehingga:

$$S = 0,600 \text{ mm} + 1 \text{ mm} + 0 \\ = 1,600 \text{ mm}$$

²⁰ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a



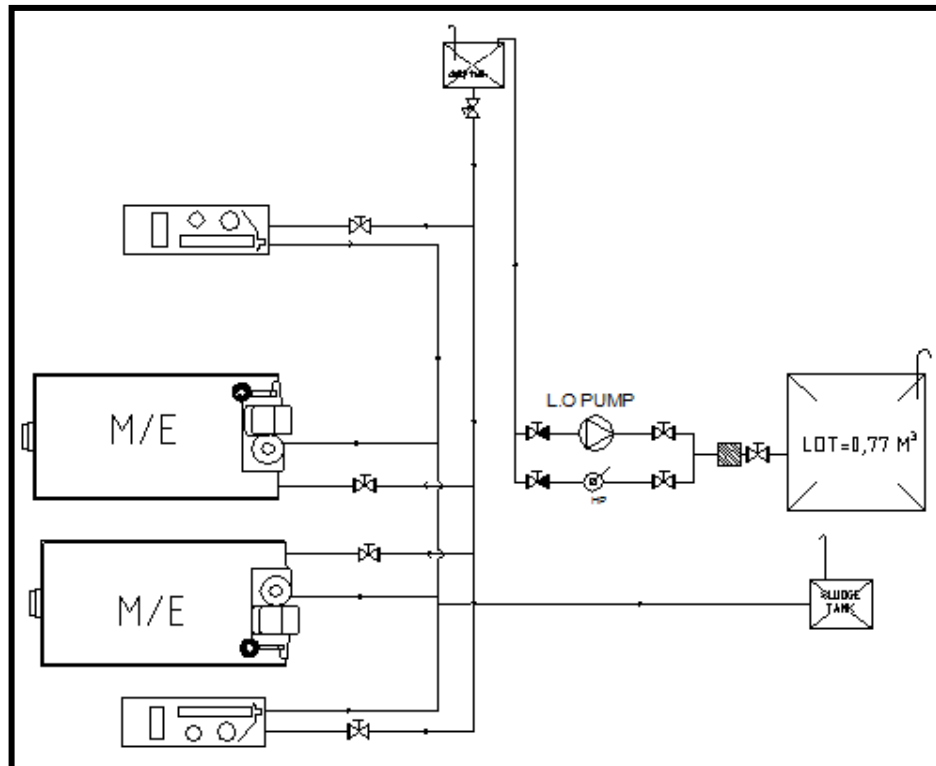
Gambar 6.65 Pipa sistem Bahan Bakar

6.2.4 Sistem Minyak Lumas (*Lubricating Oil System*)

1. Cara Kerja

Merupakan salah satu sistem perpipaan dalam kapal yang berfungsi sebagai penyalur atau pendistribusi cairan minyak untuk kebutuhan pelumasan pada *Main Engine* dan *Auxilliary Engine*.

Untuk pertama kalinya, minyak akan dihisap oleh pompa yang kemudian akan mengalir melalui *bell mouth* yang ada di dalam tangki. Minyak dialirkan dengan terlebih dahulu membuka katupnya. Dalam proses aliran ini, minyak akan melalui beberapa komponen sampai akhirnya digunakan sebagai pelumas mesin - mesin. Yang pertama minyak akan mengalir melalui strainer. *Strainer* adalah bagian dari komponen pipa yang berfungsi memisahkan minyak dengan kotoran yang berupa benda padat. Dari strainer akan menuju ke tangki harian dengan bantuan pompa minyak lumas. Untuk pemenuhan pelumasan, dari tangki harian akan di salurkan ke mesin bantu dan mesin utama dengan bantuan *Quick Closing Valve*. Setelah pelumasan maka sisa minyak lumas yang kotor akan masuk ke tangki pembuangan (*sludge tank*).



Gambar 6.66 Skema Sistem Pelumasan

2. Komponen yang ada pada sistem minyak lumas adalah

L. O Tank (tangki minyak)

Bell Mouth

L. O Valve (katup)

L. O Pump

Strainer / Filter (memisahkan kotoran yang berupa benda padat)

3. Perhitungan Pipa Minyak Lumas

Volume Tanki Minyak Lumas (V_{LOT}) = 2,64 m³.

Minyak lumas diletakkan di kamar mesin. Untuk mengalirkan minyak lumas ke mesin induk tidak membutuhkan pompa, dikarenakan letak tanki yang lebih tinggi dari mesin, sehingga minyak lumas mengalir karena gravitasi.

a. Debit Fluida yang Mengalir pada Pipa Minyak Lumas (Q_L)

Pengisian tanki minyak lumas diperkirakan 15 menit = ¼ jam

$$Q_L = \frac{V_{LOT}}{h}$$

$$= \frac{1,408}{0,25}$$

$$= 5,278 \text{ m}^3/\text{jam}$$

b. Diameter Pipa Minyak Lumas

$$d = \sqrt{\frac{Q_L}{5,75 \times 10^{-3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{5,278}{0,00575}}$$

$$= 30,30 \text{ mm, diambil}$$

$$= 32 \text{ mm (Dicocokkan dengan Standar Ukuran Pipa Baja Menurut JIS)}$$

c. Perhitungan Tebal Pipa Minyak Lumas

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{\text{perm}} \times v) + P_c}$$

$$d_a = \text{Diameter Luar Pipa}$$

$$= 42,7 \text{ mm}$$

$$P_c = \text{Ketentuan Tekanan}$$

$$= 16 \text{ Bar}$$

$$\sigma_{\text{perm}} = \text{Toleransi Tegangan Max}$$

$$= 80 \text{ N/mm}^2$$

$$v = \text{Faktor Efisiensi}$$

$$= 1,00$$

$$S_o = \frac{(42,7 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16}$$

$$= 0,422 \text{ mm}$$

$$c = \text{Faktor korosi } \textit{Lubricant Lines}^{*21}$$

$$= 0,3$$

$$b = 0$$

Sehingga:

$$S = 0,422 \text{ mm} + 0,3 \text{ mm} + 0$$

²¹ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a

$$= 0,722 \text{ mm}$$

Pipa sistem Pelumasan



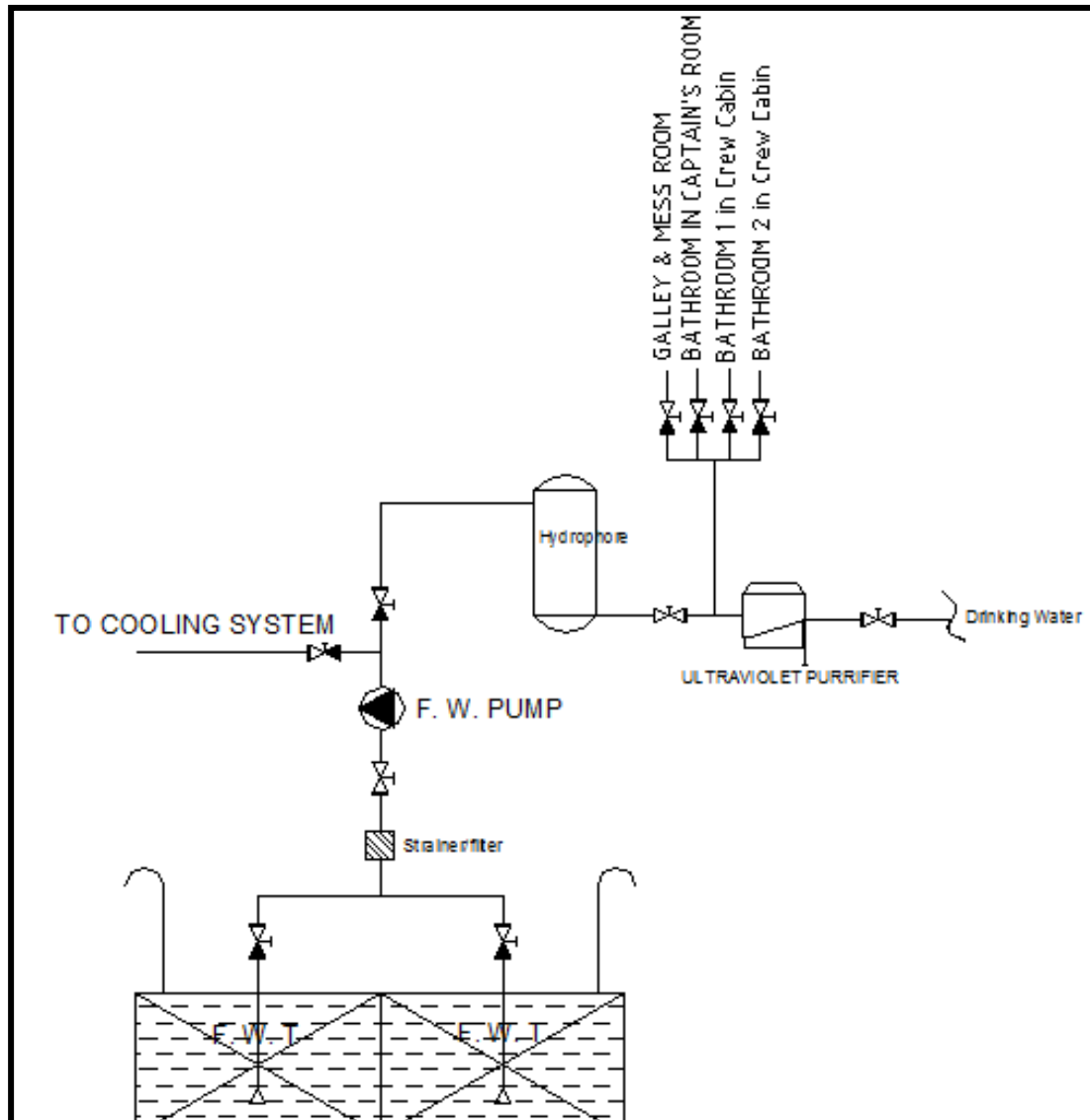
Gambar 6.67 Pipa sistem Pelumasan

6.3 Sistem Pipa Air Tawar

6.3.1 Cara Kerja Sistem Air Tawar

Cara kerjanya: mula-mula dari tangki air tawar dengan bantuan *bellmouth*, setelah *bellmouth* akan ada *screw down non-return valve* setelah itu akan masuk melewati *strainer*, *globe valve* dan air akan dipompa dengan pompa air tawar. Akan ada dua cabang pipa, masing masing cabang dilengkapi dengan SDNRV yaitu sistem pendingin dan penggunaan di kapal. Untuk penggunaan kebutuhan di kapal maka langsung menuju hidrofore dari hidrofore maka akan dibagikan untuk kebutuhan air di dapur, ruang makan, dan kamar mandi. Bila untuk kebutuhan minum makan air akan melalui *UV Purrier* terlebih dahulu.

Tangki air tawar juga dilengkapi dengan pipa udara dan pipa pengisian untuk memudahkan pergerakan.



Gambar 6.68 Skema Sistem Air Tawar

6.3.2 Susunan Pipa Secara Umum

Susunan pipa air tawar secara umum adalah sebagai berikut.

- a. Pipa-pipa yang berisi air tawar tidak boleh melalui pipa-pipa yang bukan berisi air tawar. Pipa udara dan pipa limbah air tawar boleh

dihubungkan dengan pipa lain dan juga tidak boleh melewati tanki-tanki yang berisi air tawar yang dapat diminum.

- b. Ujung-ujung atas dari pipa udara harus dilindungi terhadap kemungkinan masuknya serangga kapal ke dalam pipa tersebut, juga harus cukup tinggi dari geladak, dan terbuka serta tidak boleh melalui tanki isinya bahan cair yang bukan digunakan untuk air minum. Pipa air tawar tidak boleh dihubungkan pipa yang bukan air minum.
- c. Komponen-komponen yang ada di dalam sistem pipa air tawar antara lain, Valve, Pompa, Filter/Strainer, Ultra Violet Purifier, Hydrophore.

6.3.3 Perhitungan Pipa Air Tawar

- a. Diameter Pipa Air Tawar

Diameter pipa air tawar sesuai dengan perhitungan kapasitas tanki air tawar yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tanki air tawar} &= 11,082 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat Jenis Air Tawar} &= 1,0 \text{ Ton/ m}^3 \\
 \text{Kapasitas Tanki Air Tawar} &= V_{\text{FWT}} \times \text{Berat Jenis Air Tawar} \\
 &= 11,082 \times 1 \\
 &= 11,082 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Menurut tabel ukuran pipa berdasarkan kapasitas tanki, untuk kapasitas tanki antara 0 ~ 20 ton, diameter dalam pipa air tawar (d_F) adalah 60 mm. Jika Namun jika dicocokkan dengan ukuran dalam ukuran standar pipa JIS, diameter dalam pipa yang diambil adalah 65 mm

- b. Kapasitas Pompa Air Tawar

$$\begin{aligned}
 Q &= 5,75 \times 10^{-3} \times d_F^2 \\
 &= 5,75 \times 10^{-3} \times 60^2 \\
 &= 20,7 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan Tebal Pipa Air Tawar

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{\text{perm}} \times v) + P_c}$$

$$\begin{aligned}
 da &= \text{Diameter Luar Pipa} \\
 &= 76,3 \text{ mm} \\
 Pc &= \text{Ketentuan Tekanan} \\
 &= 16 \text{ Bar} \\
 \sigma_{perm} &= \text{Toleransi Tegangan Max} \\
 &= 80 \text{ N/mm}^2 \\
 v &= \text{Faktor Efisiensi} \\
 &= 1,00 \\
 So &= \frac{(76,3 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16} \\
 &= 0,755 \text{ mm} \\
 c &= \text{Faktor korosi } \textit{Fresh Water Lines Close Circuit}^{*22} \\
 &= 0,5 \\
 b &= 0 \\
 \text{Sehingga:} \\
 S &= 0,755 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} + 0 \\
 &= 1,255 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pipa sistem air tawar



Gambar 6.69 Pipa sistem air tawar

6.4 Sistem Pemadam Kebakaran

Sistem pemadam kebakaran merupakan sistem yang sangat vital dalam sebuah kapal. Sistem ini berguna untuk menanggulangi bahaya api yang terjadi di kapal. Sistem pemadam kebakaran secara garis besar dapat dibagi menjadi dua, dilihat dari peletakan sistem yang ada yaitu :

²² Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a

- b. Sistem penanggulangan kebakaran pasif, sistem ini berupa aturan kelas mengenai penggunaan bahan pada daerah beresiko tinggi terjadi kebakaran dan juga pemasangan instalasi *fix* pada daerah beresiko kebakaran.
- c. Sistem penanggulangan kebakaran aktif, sistem ini berupa penanggulangan kecelakaan yang bersifat lebih aktif misal, penempatan alat pemadam api ringan pada daerah yang beresiko kebakaran.

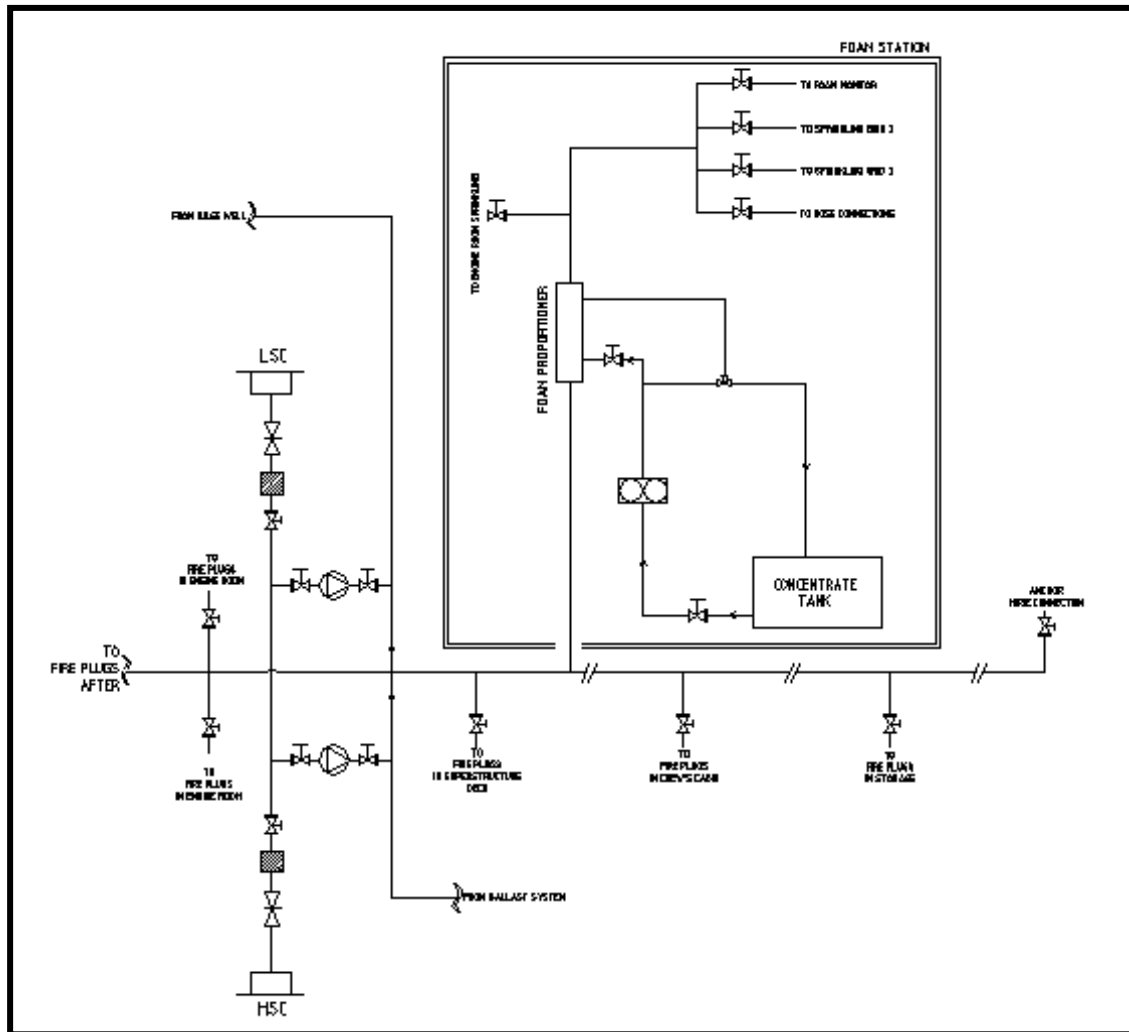
Pada dasarnya prinsip pemadaman adalah memutus “segitiga api” yang terdiri dari panas, oksigen, dan bahan bakar sehingga dengan mengetahui hal ini maka dapat dilakukan pemilihan media pemadaman sesuai dengan resiko dan kelas dari kecelakaan tersebut.

1. Cara Kerja Sistem Pemadam Kebakaran

Sistem pemadam kebakaran terdapat 3 jenis pemadam kebakaran dengan menggunakan air laut, menggunakan *foam*, dan gas. Untuk yang menggunakan dengan air laut biasanya akan terhubung ke *general service* karena dapat memanfaatkan air laut untuk pemadaman di kapal. Pada prinsipnya cara kerja ketiganya sama, yaitu menghilangkan salah satu dari 3 penyebab kebakaran (panas atau titik nyala, oksigen dan material). Sistem pemadam kebakaran di kapal berfungsi untuk memadamkan kebakaran baik oleh material padat dengan memakai *sea water fier system*, material minyak berupa cair (di *engine room*) yang dipadamkan dengan menggunakan foam, ataupun kebakaran oleh listrik yang dipadamkan dengan menggunakan CO₂ atau inert gas.

2. Fungsi Sistem Pemadam Kebakaran

Fungsi dari sistem pemadam kebakaran adalah untuk penanganan jika terjadi kebakaran di kapal. Maka peralatan yang digunakan, berasal dari sistem pemadam kebakaran. Oleh karena itu, sistem pemadam kebakaran harus bisa menangani kebakaran di setiap bagian kapal.



Gambar 6.70 Skema Sistem Pemadam Kebakaran

3. Rule dan Rekomendasi

Menurut Volume III BKI 2013 *Section 12* mengenai peralatan pelindung api dan pemadam, dinyatakan sebagai berikut:

a. Pelindung Api

- Pengaturan di ruangan mesin haruslah menjamin keselamatan dari penanganan cairan yang mudah terbakar agar tidak terbakar.
- Semua ruangan yang diletakkan motor bakar, *burner*, atau pengendap minyak atau tangki harian diletakkan harus terjangkau dan diberikan ventilasi secara layak.

- Bilamana terjadi kebocoran dari cairan yang mudah terbakar selama pekerjaan perawatan rutin, harus diperhatikan agar cairan tersebut terhindar dari kontak dari sumber api.
 - Bahan yang digunakan pada ruangan permesinan sebaiknya secara normal tidak meningkatkan kemungkinan untuk mudah terbakar.
 - Bahan yang digunakan sebagai lantai *bulkhead lining*, atap atau geladak ruang pengendali dengan tangki minyak haruslah tidak mudah terbakar. Dimana bila terjadi bahaya yang mana minyak dapat terserap ke bahan penyekat, penyekat tersebut harus dapat terlindungi dari serapan minyak atau uap minyak.
- b. Peralatan dengan Resiko Terbakar Tinggi
- Peralatan pengolahan minyak awal (*oil fuel preparation equipment*) seperti *purifier*, harus dipasang pada ruangan yang terpisah. Ruangan ini ditutupi oleh sekat baja, dilengkapi dengan pintu baja yang dapat tertutup sendiri, dilengkapi dengan ventilasi mekanis yang terpisah, dilengkapi sistem deteksi api dan alarm, dan sistem pemadam api yang tetap.
 - Sistem ini dapat merupakan bagian dari sistem pelindung api ruangan kamar mesin.
 - Jika hal tersebut tidak praktis untuk menempatkan sistem pengolahan minyak bahan bakar di ruangan yang terpisah, perhatian harus dilakukan terhadap api dengan suatu penanganan api dari komponen dan dari kemungkinan kebocoran. Sebagai tambahan sistem perlindungan api secara tetap, di ruang kamar mesin, suatu unit pemadam lokal dapat diberikan pada daerah tersebut.
- c. Unit pemadam lokal harus layak untuk pemadaman api yang efektif pada suatu area. Langkah kerja yang dilakukan dapat secara otomatis atau manual sebaik mungkin tidak mempengaruhi operasi dari peralatan lain. Penggunaan secara otomatis dan tiba-tiba tidak boleh merusak komponen lain. Bila peralatan tersebut manual, dapat dipasang pada ruang pengendali permesinan atau disuatu tempat yang memberikan perlindungan yang cukup.

- d. Sistem minyak dengan tekanan kerja lebih dari 15 bar yang tidak termasuk dalam bagian permesinan bantu ataupun induk (seperti hidrolik, *steering gear*) harus dipasang diruangan yang terpisah.
- e. Perlindungan dari jalur dan peralatan yang melalui temperatur yang tinggi.
- Semua bagian yang memiliki temperatur diatas 220°C seperti uap, minyak panas dan jalur gas buang, dan silencers, dan sebagainya harus dilindungi oleh bahan tidak yang tidak mudah terbakar dan tidak dapat menyerap minyak.
 - Pelindung harus dapat dipastikan tidak akan menjadi retak atau robek karena getaran.
- f. Daerah *Bulkhead*
- Semua pipa dengan kelas A atau B menurut SOLAS 1974 harus tahan terhadap suhu yang mana telah dirancang sebelumnya. Pipa uap, gas dan minyak termal yang melalui bulkhead harus diberi isolasi tahan panas dan harus terlindungi dari pemanasan yang berlebihan.
- g. Ruang Darurat
- Untuk ruangan permesinan dan *boiler*, kanal sirkulasi udara ke ruangan tersebut harus dilengkapi dengan *fire damper* yang dibuat dari bahan tidak mudah terbakar yang mana dekat dengan geladak. Bukaannya kamar mesin (*sky light*), pintu dan *hatch* serta bukaan lainnya diatur sehingga dekat dengan ruangan lainnya.
- h. Peralatan Stop Darurat (*Emergency Stop*)
- Pompa bahan bakar dengan tenaga listrik, *purifier*, *motor fan*, *fanboiler* minyak termal dan pompa kargo harus dilengkapi dengan peralatan pemutus darurat, sepraktis mungkin, yang dikelompokkan secara bersama diluar ruangan yang mana peralatan tersebut dipasang dan harus dapat dijangkau meskipun dalam kondisi terputus akses karena api.
- i. Peralatan Pemutus dengan *Remote Control*
- Alat ini dipasang pada Pompa bahan bakar dengan penggerak uap, jalur pipa bahan bakar ke motor induk, motor bantu dan pipa keluaran dari tanki bahan bakar yang diletakkan di *double bottom*. Tempat dan

pengelompokkan dari peralatan pemutus ini diatur seperti bagian sebelumnya.

j. Ruang Pengaman (*Safety Station*)

Disarankan bahwa peralatan pengaman berikut dikelompokkan menjadi satu, sewaktu –waktu dapat dijangkau dari luar ruangan kamar mesin:

- Katup pemutus untuk ruang kamar mesin, penghembus *boiler*, pompa transfer bahan bakar *purifier*, dan pompa minyak termal
- Perhatian diberikan khusus pada:
 1. Katup penutup singkat bahan bakar
 2. Pintu kedap air yang dikendalikan pada ruang permesinan.
- Kondisi kerja dari peralatan pemadam api.

Komponen yang digunakan dalam sistem pemadam kebakaran antara lain :

1. Valve
2. Strainer
3. Pompa
4. Concentrate tank
5. Separator
6. Foam proportioner

6.5 Sistem Udara Start (*Starting Air System*)

Pada umumnya, sistem *start* dibagi menjadi 2 kategori, yaitu *Direct* dan *Indirect*. *Direct* yaitu *starting* dilakukan dengan perlakuan langsung terhadap ruang bakar / piston dengan menyuplai tekanan udara ke ruang bakar sehingga piston akan bergerak. Sedangkan untuk *Indirect* yaitu *starting engine* yang dilakukan dengan perlakuan terhadap *crankshaft*nya atau *flywheel*nya yaitu dengan memutar *flywheel* menggunakan motor.

Sistem *starting* yang digunakan pada *main engine* di kapal sering menggunakan media udara bertekanan yang disuplai kedalam silinder karena kebanyakan mesin yang digunakan berukuran besar. Penginjeksian udara bertekanan ini dilakukan dengan urutan yang sesuai untuk arah putaran yang disyaratkan. Suplai udara bertekanan di simpan dalam tabung udara (*bottles*) yang siap digunakan setiap saat. Sistem *starting* umumnya dilengkapi dengan katup pembalik (*interlocks valve*) untuk mencegah *start* jika segala sesuatunya tidak dalam kondisi kerja. Udara bertekanan diproduksi oleh kompresor dan disimpan pada tabung (*air receiver*). Udara bertekanan lalu di suplai oleh pipa menuju *automatic valve* dan kemudian ke katup udara *start* silinder. Pembukaan katup *start* akan memberikan udara bertekanan ke dalam silinder. Pembukaan katup silinder dan *automatic valve* dikontrol oleh *pilot air system*. Pilot air ini diberi dari pipa besar dan menerus ke katup pengontrol yang dioperasikan dengan lengan udara start pada engine.

Jika lengan ini dioperasikan, suplai pilot air mampu membuka *automatic valve*. Pilot air untuk arah operasi yang sesuai juga disuplai ke distributor udara. Alat ini umumnya digerakkan dengan *camshaft* dan memberi pilot air ke silinder kontrol dari katup *start*. Pilot air lalu disuplai dalam urutan yang sesuai dengan operasi *engine*. Katup udara start dipertahankan tertutup oleh pegas jika tidak digunakan dan dibuka oleh pilot air yang langsung memberi udara bertekanan ke dalam silinder. Sebuah *interlock* di dalam *automatic valve* yang menghentikan pembukaan katup jika turning gear engine menempel. Katup ini mencegah udara balik yang telah dikompresikan oleh *engine* ke dalam sistem.

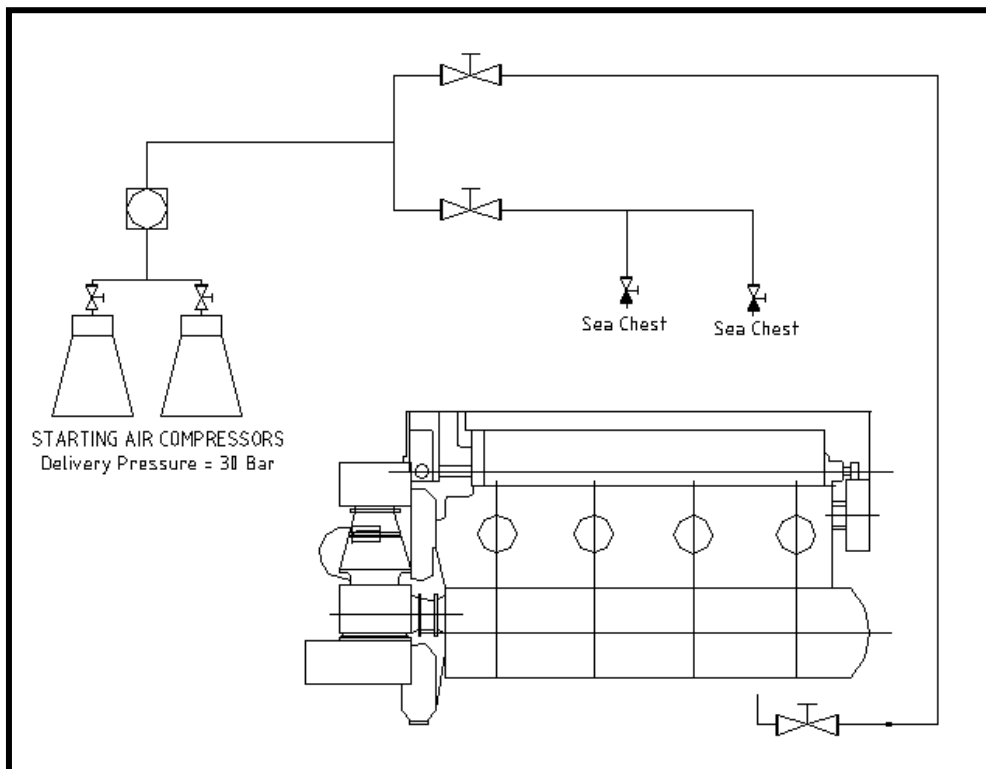
6.5.1 Starting dengan Udara Bertekanan

- Cara kerja starting dengan udara bertekanan adalah mula dari kompresor akan langsung melewati 2 cabang pipa yang satu ke seachest yang berguna untuk membersihkan grating sedang yang satunya lagi akan langsung menuju mesin induk dengan masing masing cabang dilengkapi dengan *globe valve*. Untuk seachest juga digunakan SDNRV. Sedangkan untuk mesin induk akan terlebih dahulu melewati *globe valve*.
- *Main engine* yang distart dengan udara bertekanan dilengkapi dengan paling tidak dua kompresor. Satu diantaranya berpenggerak independen dari *main engine*, dan harus mampu mensuplai 50% dari total kapasitas yang diperlukan.
- Kapasitas total udara *start* dalam tabung harus dapat diisi dari tekanan atmosfer sampai tekanan kerja 30 bar dalam waktu 1 jam.
- Tabung udara disediakan dua dengan ukuran yang sama dan dapat digunakan secara independen.
- Kapasitas total tabung harus memperhatikan paling tidak dapat digunakan start 12x baik maju atau mundur untuk *engine* yang *reversibel* dan tidak kurang dari 6x start untuk *engine non-reversibel*. Jumlah start berdasar pada engine saat dingin dan kondisi siap start.
- Jika sistem udara *start* digunakan untuk *starting auxiliary engine*, mensuplai peralatan *pneumatic*, peralatan *manoeuvring*, atau *tyfon* semuanya disuplai dari tabung udara maka harus dipertimbangkan dalam perhitungan kapasitas tabung udara.
- Jalur tekanan yang terhubung ke kompresor dipasang dengan non-RV pada outlet kompresor.
- Jalur udara *start* tidak boleh digunakan sebagai jalur pengisian untuk tabung udara.
- Hanya slang/pipa dengan material yang sudah dites yang dapat dipasang pada jalur starting *diesel engine* dimana tetap terjaga tekanannya.

- Jalur udara start untuk setiap engine dilengkapi dengan *non return valve* dan penguras (*drain*).
- *Typons* harus disambungkan pada dua tabung udara..

Komponen yang digunakan dalam Starting Air System antara lain ;

1. Kompresor
2. Air receiver tank
3. Valve
4. Separator



Gambar 6.71 Skema Sistem Udara Start

BAB VII

PENUTUP

Perencanaan dalam membangun suatu proyek sangat penting agar proyek yang dikerjakan bisa berhasil dan berjalan dengan lancar. Dalam industri perkapalan, pembangunan kapal baru sangat berkaitan dengan kebutuhan dunia saat ini. Kegiatan ekspor-impor, penelitian, penambangan, *resque*, dan lain-lain memaksa industri perkapalan untuk membuat inovasi terbaru yang lebih efisien. Agar nantinya kapal dapat beroperasi dengan maksimal, perencanaan kapal haruslah dilakukan secara matang, yaitu dengan perhitungan dengan detail dan cermat, dan tentunya memakai metode yang lebih efisien dengan tujuannya antara lain.

- Pengurangan jumlah waktu konstruksi, dengan cara menciptakan kondisi memaksimalkan potensi untuk konstruksi secara bersamaan dan mengurangi kerja ulang serta waktu terbuang percuma,
- Pengurangan biaya peralatan konstruksi dengan cara pemakaian peralatan yang lebih efisien, dan mengurangi keperluan biaya tinggi,
- Pengurangan biaya material dengan memperbaiki kualitas desain, material yang lebih murah namun berkualitas, dan meminimalisasi buangan.

Untuk memaksimalkan potensi yang ada, diperlukan Sumber Daya Manusia yang mampu untuk membuat inovasi terbaru yang mampu memaksimalkan potensi tersebut. Universitas Diponegoro, menjawab tantangan tersebut dengan menghasilkan SDM yang mampu memberikan inovasi terbaru untuk kemajuan industri, salah satunya industri perkapalan Indonesia. Program Studi Diploma III Teknik Perkapalan adalah sebuah jawaban untuk mengembangkan tenaga teknik yang terampil di bidang industri perkapalan.

Perencanaan Kapal Tunda “ TB. AKBARALI” , adalah suatu tugas rancangan (perencanaan) yang berbentuk Tugas Akhir dengan menggunakan metode terbaru dan memakai aturan (*rules*) standar pembangunan konstruksi kapal Indonesia, Biro Klasifikasi Indonesia 2013, yang bila nantinya kapal sesungguhnya akan dibangun, kapal akan berfungsi dengan baik sesuai dengan kebutuhannya. Beberapa inovasi teknologi terbaru juga turut disertakan dalam perancangan Kapal Tunda ini. Kapal Tunda memberikan pelayanan untuk kapal-kapal besar yang akan memasuki atau meninggalkan pelabuhan serta untuk kebutuhan-kebutuhan lainnya di pelabuhan.

Akhirnya, tiada kata yang pantas kami ucapkan selain memanjatkan puji kepada ALLAH Subhanallahu waa Ta'ala, yang memberikan inspirasi pada kami sehingga kami mampu menyelesaikannya sampai akhir. Mudah-mudahan Tugas Akhir ini bisa menjadi referensi bagi penulis Tugas Akhir lainnya dan dapat dikembangkan lagi, bermanfaat bagi Universitas Diponegoro dan PSD-III Teknik Perkapalan, serta sebagai bentuk jawaban atas tantangan dunia terhadap industri perkapalan dan sebagai bentuk akan pelestarian ilmu pengetahuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2012. *Buku Ajar Perkuliahan: Perencanaan Umum Kapal*. Program Studi Diploma III Teknik Perkapalan. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Anonim. 2012. *Buku Ajar Perkuliahan: Rencana Garis Kapal*. Program Studi Diploma III Teknik Perkapalan. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Anonim. 1998. *Buku Perlengkapan Kapal A*. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Anonim. 1998. *Buku Perlengkapan Kapal B*. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Anonim. 2009. *Tugas Rencana Garis & Bukaannya Kulit*. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2013. *Rules for Hull*. Volume II. Biro Klasifikasi Indonesia: Jakarta.
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2013. *Rules for Machinery*. Volume III. Biro Klasifikasi Indonesia: Jakarta.
- Djaya, Indra Kusna. 2006. *Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid 1*. Departemen Pendidikan Nasional: Jakarta.
- Djaya, Indra Kusna. 2006. *Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid 2*. Departemen Pendidikan Nasional: Jakarta.
- <http://www.google.com/Ekoblog:INTEGRASI-NUMERIK-APPROXIMATE-INTEGRATION>
- Peraturan Pemerintah RI No 7 tahun 2000 tentang Kepelautan Pasal 33
- Sugeng, Sunarso. 2009. *Prosedur Perencanaan Untuk Kapal-Kapal Ikan Berukuran Kecil* hal: 200. TEKNIK Vol.30
- Suhardjito, Gaguk. 2009. Tentang Rencana Umum. Email: gsuhardjito@yahoo.com.